

Analisis Kinerja Saluran Drainase Jalan H. R. Koroh Kota Kupang Menggunakan EPA SWMM 5.2

Evaluation Of Drainage Channels On H. R. Koroh Road Maulafa District Kupang City Using The EPA SWMM 5.2 Program

Cece Collazo¹, Wilhelmus Bunganaen², Elsy E. Hangge^{3*)}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang 65145, Indonesia

Article info:

Kata kunci:

Evaluasi, Kapasitas, Drainase,

EPA SWMM 5.2

Keywords:

Evaluation, Capacity, Drainage,

EPA SWMM 5.2

Article history:

Received: 08-03-2025

Accepted: 01-08-2025

*)Koresponden email:

cececollazo.cc@gmail.com

wilembunganaen@staf.undana.ac.id

elsy@staf.undana.ac.id

Abstrak

Kurangnya fasilitas pendukung jalan berakibat pada kerusakan Jalan H. R. Koroh, Kecamatan Maulafa, Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Hujan berintensitas tinggi menyebabkan genangan yang mengganggu pemukiman sekitar karena air limpasan permukaan pada ruas jalan tidak teralirkan melalui drainase yang ada. Evaluasi saluran berdasarkan kondisi eksisting drainase, analisa dilakukan menggunakan pemodelan EPA SWMM 5.2 dengan kala ulang hujan 5 dan 10 tahun. Penampang saluran drainase yang dimiliki ruas jalan H.R Koroh memiliki variasi bentuk dan ukuran. Dimensi maksimum yang dimiliki saluran trapesium adalah kedalaman 1.42 meter, lebar atas 1.92 meter dan lebar bawah 1.56 meter, saluran trapesium dengan tutup dengan kedalaman 1.30 meter, lebar atas 1.70 meter dan lebar bawah 1.58 meter, U-ditch ukuran 100 x 100 cm dan gorong-gorong berbentuk modified baskethandle dengan kedalaman 1.50 meter, lebar 1.43 meter dan radius lingkaran 7.1 meter. Hasil simulasi pada EPA SWMM 5.2 menunjukkan saluran masih mampu menampung kapasitas air hujan. Kesimpulannya permasalahan masih terjadi luapan air banjir pada area aliran jalan H.R Koroh adalah kurangnya kesadaran masyarakat dalam membuang sampah sembarangan, sedimen yang terbawa melalui aliran air, tertutup tanpa inlet atau jalur air masuk dan lubang pemeliharaan atau manhole yang sulit dibuka sehingga tidak dapat dilakukannya perawatan saluran secara berkala.

Abstract

The condition of H. R. Koroh Road in Maulafa District, Kupang City, East Nusa Tenggara, is affected by a lack of proper drainage facilities. Intense rainfall causes flooding that disrupts nearby settlements because surface runoff is not effectively channeled. An evaluation was conducted using the EPA SWMM 5.2 model with rainfall return periods of 5 and 10 years. The drainage channels on this road have various shapes and sizes, including: a trapezoidal channel with a depth of 1.42 meters, a top width of 1.92 meters, and a bottom width of 1.56 meters; a trapezoidal channel with a lid, having a depth of 1.30 meters, a top width of 1.70 meters, and a bottom width of 1.58 meters; a U-ditch measuring 100 x 100 cm; and a modified basket handle culvert with a depth of 1.50 meters, a width of 1.43 meters, and a circle radius of 7.1 meters. Simulation results show that these channels can still accommodate the rainfall capacity. However, the flooding issue in the area is primarily due to the lack of public awareness about littering, sediment carried by runoff, closed inlets, and maintenance holes that are difficult to open, hindering regular maintenance of the channels.

Kutipan:

1. Pendahuluan

Peningkatan jumlah penduduk di perkotaan menyebabkan kebutuhan pemukiman yang lebih besar. Di Kota Kupang, penduduknya mencapai 466.632 jiwa pada tahun 2023 dengan kepadatan 2.589 jiwa/km². Hal ini berdampak pada pemanfaatan lahan yang meningkat dan membuat kurangnya perhatian terhadap fasilitas penunjang, yang mengakibatkan penurunan daerah resapan air hujan. Pemanfaatan lahan yang semakin banyak juga mengakibatkan peningkatan aliran permukaan. Hujan deras di Jalan H. R. Koroh, Kecamatan Maulafa, sering menyebabkan genangan dan banjir. Limpasan air dari jalan dialirkan melalui saluran drainase yang harusnya berfungsi baik sesuai dengan spesifikasi teknisnya.

Pada tanggal 27 Januari 2022, curah hujan tinggi menyebabkan limpasan permukaan yang membawa material padat seperti sampah dan menyebabkan penyumbatan pada saluran drainase, sehingga mengakibatkan banjir di kawasan tersebut. Kejadian serupa tercatat kembali pada tanggal 9 dan 23 Februari, di mana luapan air mengakibatkan kerusakan pada badan jalan akibat genangan yang berkepanjangan (Pos-Kupang, 2022). Berdasarkan wawancara awal dengan warga setempat, genangan air dan banjir telah menjadi peristiwa tahunan setiap musim hujan, yang mengindikasikan kapasitas drainase di Jalan H. R. Koroh sudah tidak mampu menampung debit limpasan yang ada. Hasil observasi visual menunjukkan bahwa saluran drainase dalam kondisi kurang optimal, ditandai dengan banyaknya inlet yang tersumbat dan aliran air yang tidak terkontrol. Permasalahan ini menjadi dasar dilakukannya evaluasi teknis terhadap sistem drainase dengan pendekatan pemodelan hidrologi dan hidraulik menggunakan perangkat lunak EPA SWMM 5.2. Pemodelan semacam ini telah terbukti efektif dalam menganalisis kapasitas saluran dan mengidentifikasi titik-titik rawan genangan, sebagaimana dikemukakan oleh Ophiyandri et al. (2020) dalam studi mereka mengenai sistem drainase di Kota Padang.

2. Bahan dan Metode

Penelitian pada ruas Jalan H. R. Koroh, Kecamatan Maulafa, Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur tepatnya di saluran drainase di ruas jalan H. R. Koroh dengan titik hulu yang berada pada perempatan jalur 40, hilir kearah persimpangan tiga menuju Oepura-Naikolan sebagai titik outlet. Data primer yang diambil adalah dimensi saluran yang sudah ada, lebar jalan dan pengamatan secara langsung kondisi daerah pengaliran untuk menentukan koefisien pengaliran. Data sekunder yang diambil adalah data penduduk, data curah hujan harian, data citra satelit (DEM) dan data pendukung yang lain.

2.1. Definisi Drainase

Peraturan Menteri PU 2014 No 12 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan, drainase adalah infrastruktur yang membantu mengalirkan air berlebih dari suatu daerah ke perairan penerima dan drainase perkotaan dalam mengendalikan air permukaan sehingga tidak mengganggu dan tidak merusak fasilitas masyarakat sekitar.

2.2. Fungsi Drainase

Fungsi drainase dalam Kodoatie (2008:103) yaitu pembebasan area (khususnya pemukiman padat) dari air atau banjir akibat hujan, saluran pembuangan air rumah tangga juga berfungsi untuk mengurangi risiko kesehatan lingkungan akibat genangan air seperti nyamuk malaria dan lainnya ketika air mengalir dengan lancar.

2.3. Analisis Hidrologi

Analisa hidrologi dilakukan untuk mengetahui nilai intensitas curah hujan. Intensitas curah hujan sebagai dasar perhitungan debit banjir rencana pada wilayah tertentu. Memiliki tujuan evaluasi perencanaan suatu sistem drainase dan dilanjutkan dengan menentukan ukuran dan besaran hidrolis drainase yang menghasilkan suatu rancangan. Dimana rancangan tersebut sanggup memenuhi debit rencana yaitu debit maksimum.

2.3.1. Analisa Frekuensi Curah Hujan Dan Periode Ulangnya

Hujan yang terjadi dapat merata di seluruh kawasan yang luas atau terjadi hanya bersifat setempat. Hujan bersifat setempat artinya ketebalan hujan yang diukur dari suatu pos hujan belum tentu dapat mewakili hujan untuk kawasan yang lebih luas, kecuali hanya untuk lokasi di sekitar pos hujan itu. Metode rata-rata aritmatik menjadi metode yang sederhana dalam menentukan analisa frekuensi hujan pada suatu kawasan.

2.3.2. Parameter Statistik

Beberapa parameter statistik yang dilakukan dalam analisis data ini meliputi rata-rata, simpangan baku, koefisien variasi, dan koefisien *skewness* (kecondongan, asimetris, kepencengan atau penyimpangan kesimetrisan suatu distribusi).

2.3.3. Pemilihan Jenis Distribusi

Pemilihan jenis distribusi diketahui beberapa distribusi frekuensi dalam ilmu statistik yang sering digunakan dalam bidang hidrologi. Masing-masing distribusi memiliki sifat-sifat khas sehingga setiap data hidrologi harus diuji kesesuaiannya dengan sifat-sifat masing-masing distribusi menurut Harto, dalam Tamimi (2015). Distribusi tersebut ialah Distribusi Normal, Distribusi Log Normal, Distribusi Gumbel Tipe I, Distribusi Log Pearson Tipe III.

2.3.4. Intensitas Curah Hujan

Rata-rata dari hujan yang lamanya sama dengan waktu konsentrasi (t_c) dengan masa ulang tertentu disebut sebagai intensitas curah hujan. Keterkaitan antara intensitas curah hujan dan lama hujan berdasarkan Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan, Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum (2014:58) digunakan rumus Mononobe sebagai berikut:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (1)$$

Dimana:

- I : Intensitas curah hujan (mm)
 R₂₄ : Curah hujan maksimum untuk 24 jam (mm)
 T : lamanya curah hujan (jam)

2.3.5. Koefisien Pengaliran

Perbandingan antara puncak aliran permukaan terhadap intensitas hujan disebut sebagai koefisien aliran permukaan. Koefisien limpasan tergantung pada sifat dan kondisi tanah yang menjadi faktor utama, selain itu yang memengaruhi koefisien pengaliran (C) adalah sebagai berikut: (1) Nilai kemiringan lahan, (2) Tata guna lahan, dan (3) Intensitas hujan.

2.3.6. Debit akibat intensitas curah hujan

Metode menghitung kejadian saluran drainase dilakukan dengan menggunakan metode rasional yang digunakan pada asumsi bahwa kejadian hujan sesuai dengan intensitas yang lebih seragam dan terdistribusi secara merata di seluruh area secara bersamaan. Rumus ini banyak digunakan untuk sungai-sungai dengan daerah pengaliran hingga 500 km² / 50000 Ha dan juga dapat digunakan bagi perencanaan drainase pengaliran yang relatif sempit. Berdasarkan Suripin (2004:79) sebagai berikut:

$$Q_p = 0,002778 \times C \times I \times A \quad (2)$$

Dimana:

- Q_p : Debit puncak banjir (m³/detik)
 C : Koefisien Limpasan
 I : Intensitas curah hujan selama waktu tiba dari banjir (mm/jam)
 A : Luas DAS (Ha)

2.3.7. Pemodelan EPA SWMM 5.2

Software EPA SWMM (Environmental Protection Agency Storm Water Management Model) Versi 5.2. EPA SWMM merupakan model dinamik simulasi hujan dan aliran yang digunakan untuk simulasi kuantitas maupun kualitas limpasan permukaan terutama dari daerah perkotaan. Limpasan permukaan yang dihasilkan berasal dari daerah tangkapan hujan yang menerima hujan. Metode SWMM yang digunakan untuk memodelkan limpasan permukaan, infiltrasi, penelusuran banjir, dan genangan permukaan Al Amin (2020:22). Dalam *software* ini, diperlukan input data agar dapat menyimulasikan limpasan yang terjadi. Adapun input tersebut adalah sebagai berikut:

1. *Rain Gage*

Objek *rain gage* merepresentasikan hujan sebagai input bagi sistem drainase. SWMM menggunakan objek *rain gage* untuk menampilkan input data ke sistem. *Rain gage* menyuplai data presipitasi untuk satu atau lebih *subcatchment area* pada studi wilayah. Input *time series* pada penelitian ini menggunakan metode *Alternating Block Method (ABM)* adalah cara sederhana untuk membuat *hyetograph* rencana dari kurva Intensitas Durasi-Frekuensi (Kamiana 2011:77)

2. *Subcatchment*

a. *Area*

Area adalah wilayah atau luasan tertentu yang ditentukan sebagai batas *subcatchment*. Nilainya ditentukan secara langsung dari peta atau survei lapangan di lokasi atau dengan menggunakan alat *Auto-Length SWMM* ketika *subcatchment* digambar sesuai skala pada peta wilayah studi SWMM dan menggunakan alat bantu aplikasi tambahan ArcGIS.

b. *Width*

Width dapat didefinisikan sebagai luas *subcatchment* dibagi dengan panjang jalur aliran lahan terpanjang yang dapat dilalui air. *Subcatchment* yang ideal dikonseptualisasikan sebagai permukaan persegi panjang dengan kemiringan seragam dan lebar (*W*) yang mengalir ke satu saluran *outlet*

c. *Slope*

Presentase (%) kemiringan permukaan tanah tempat limpasan mengalir. Kemiringan ini merupakan kemiringan yang dianggap sebagai jalur aliran permukaan

d. *Imperviousness (%)*

Parameter kedap air dalam SWMM adalah area kedap air yang efektif atau yang terhubung langsung yang efektif atau yang terhubung langsung, yang biasanya lebih kecil dari total kedap air. Area kedap efektif adalah area kedap yang mengalir langsung ke sistem pengaliran air hujan, misalnya selokan, pipa, atau sengkedan.

e. *n-Imperv* dan *n-Perv*

Koefisien kekasaran mencerminkan jumlah hambatan yang dihadapi aliran permukaan saat mengalir dari permukaan *subcatchment*. SWMM menggunakan persamaan Manning untuk menghitung laju aliran permukaan, koefisien adalah koefisien kekasaran Manning (*n*). Nilai yang terpisah diperlukan untuk fraksi kedap dan tembus air (*impervious*) pada *subcatchment* karena *n* yang tembus air (*pervious*) biasanya memiliki nilai yang lebih tinggi daripada yang kedap air.

f. *Depression storage*

Penyimpanan depresi (*depression storage*) berhubungan dengan volume yang harus diisi sebelum terjadinya limpasan. Nilai yang berbeda dapat digunakan untuk area yang dapat ditembus (*pervious*) dan tidak dapat ditembus (*impervious*) dari suatu *subcatchment*. Nilai ini mewakili abstraksi awal seperti genangan permukaan, intersepsi oleh atap datar dan vegetasi, dan pembasahan permukaan. Nilai tipikal berkisar antara 0.05 inci untuk permukaan kedap air hingga 0.3 inci untuk daerah berhutan.

g. *%Zero-Imperv*

Parameter ini memperhitungkan limpasan langsung yang terjadi pada awal curah hujan sebelum penyimpanan depresi terpenuhi. Parameter ini mewakili trotoar yang dekat dengan selokan yang tidak memiliki penyimpanan permukaan, atap bernada yang mengalir langsung ke selokan jalan, trotoar baru yang mungkin tidak memiliki genangan permukaan, dll. Secara *default* nilai variabel ini adalah 25%, tetapi dapat diubah di setiap *subcatchment* jika ada kondisi khusus yang

diketahui. Disarankan untuk menggunakan persentase area kedap air tanpa penyimpanan air dalam tanah sebesar 25%.

h. *Infiltration*

Terdapat pilihan untuk metode perhitungan infiltrasi dan parameter. Tersedia tiga metode yang berbeda untuk menghitung kehilangan infiltrasi pada daerah yang tembus air di *subcatchment*. Metode tersebut adalah model Horton, *Green-Ampt*, dan *Curve Number*. Metode yang digunakan untuk memperhitungkan harga infiltrasi dalam simulasi menggunakan metode *SCS_Curve Number*.

3. *Junction/Node*

Junction/Node merupakan titik pertemuan aliran sebuah unit yang dimodelkan sebagai penerima *inflow* dan limpasan dari *subcatchment*. Data yang diinputkan pada *junction/node* adalah sebagai berikut:

- a. *Invert Elevation* : Elevasi *invert* dari *junction*.
- b. *Max Depth* : Kedalaman *junction* maksimum (misalnya dari permukaan tanah ke *invert*).
- c. *Initial Depth* : Kedalaman air di *junction* pada awal simulasi.
- d. *Surcharge Depth* : Kedalaman tambahan yang melebihi kedalaman maksimum yang diijinkan
Sebelum *junction* meluap.

4. *Conduit/Links*

- a. *Inlet node* : Nama *node* yang terletak pada *inlet* saluran
- b. *Outlet node* : Nama *node* yang terletak pada *outlet* saluran
- c. *Shape* : Bentuk geometri penampang melintang saluran
- d. *Max depth* : Kedalaman maksimum melintang saluran
- e. *Length* : Panjang saluran
- f. *Roughness* : Koefisien kekasaran manning
- g. *Inlet offset* : Kedalaman atau elevasi *invert* saluran diatas *node invert* pada daerah hulu (*upstream*) saluran
- h. *Outlet offset* : Kedalaman saluran diatas *node invert* pada daerah hilir

5. *Outfalls*

Outfalls merupakan titik pemberhentian terakhir dari sistem drainase yang digunakan sebagai batas hilir berupa akhir sistem drainase ataupun sungai.

6. *Kalibrasi*

Kalibrasi merupakan proses verifikasi untuk menentukan dan menyesuaikan kebenaran hasil simulasi *software* SWMM dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan tinggi muka air hasil pengukuran dilapangan dengan hasil simulasi *software* SWMM dengan persamaan *Error* sebagai berikut: (Tamimi 50:2014).

$$Error = \frac{\text{Maks. kedalaman saluran simulasi} - \text{kedalaman muka air banjir}}{\text{Maks. kedalaman saluran simulasi}} \tag{4}$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Curah Hujan Rencana*

3.1.1. *Perhitungan Curah Hujan Maksimum Tahunan*

Curah hujan rerata dihitung menggunakan metode rata-rata aritmatik dengan data hujan yang diambil dari rentang tahun 2006 sampai 2023 dari Pos Hujan Lasiana dan Pos Hujan El Tari. Tabel 1 menunjukkan curah hujan maksimum dari kedua pos hujan.

Tabel 1. Curah Hujan Maksimum

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
1	2006	201,50
2	2007	121,50
3	2008	110,00
4	2009	177,50
5	2010	100,00

No	Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
6	2011	79,00
7	2012	67,50
8	2013	166,00
9	2014	99,00
10	2015	87,63
11	2016	48,90
12	2017	67,82
13	2018	103,26
14	2019	41,32
15	2020	49,35
16	2021	214,17
17	2022	160,65
18	2023	133,80

Tabel 1 menunjukkan fluktuasi signifikan dalam intensitas hujan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2021, curah hujan maksimum mencapai nilai tertinggi sebesar 214,17 mm, yang menunjukkan resiko banjir yang sangat tinggi di wilayah tersebut. Sebaliknya, pada tahun 2019, curah hujan minimum tercatat sebesar 41,32 mm, mencerminkan kondisi yang relatif kering. Pola data ini mengindikasikan bahwa perubahan pola hujan dengan intensitas ekstrem semakin sering terjadi, seiring dengan dampak perubahan iklim.

3.1.2. *Penentuan Jenis Distribusi*

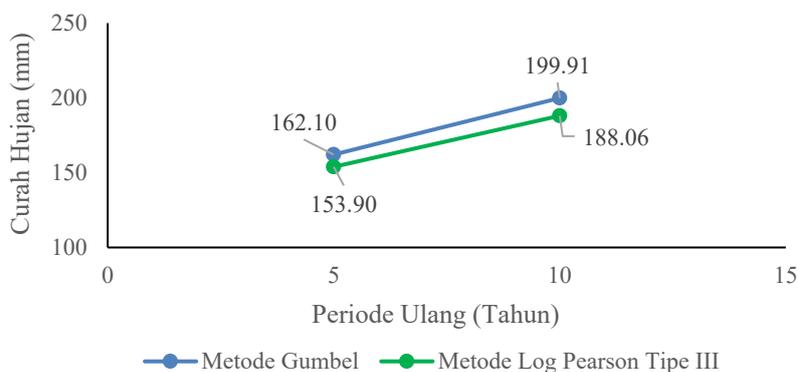
Syarat pemilihan untuk distribusi sesuai dengan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat Keterpenuhan Curah Hujan Rencana

Jenis Distribusi	Syarat	Perhitungan	Kesimpulan
<i>Normal</i>		Cs = 0	Cs = 0,52 Tidak memenuhi
		Ck = 3	Ck = 2,73 Tidak memenuhi
<i>Log Normal</i>	$Cs \approx Cv^3 + 3Cv =$	1,51	Cs = 0,52 Tidak memenuhi
	$Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 =$	7,31	Ck = 2,73 Tidak memenuhi
<i>Gumbel</i>		Cs ≤ 1,14	Cs = 0,52 Memenuhi
		Ck ≤ 5,4	Ck = 2,73 Memenuhi
<i>Log Pearson Tipe III</i>	Jika semua syarat untuk ketiga jenis distribusi di atas tidak memenuhi		Cs = 0,52 Tidak memenuhi
			Cv = 2,73 Tidak memenuhi

3.1.3. *Perhitungan Curah Hujan*

Perhitungan hujan rencana metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III kala ulang 5 tahun dan 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Grafik Curah Hujan Rencana

Pada periode ulang 5 tahun, Metode Gumbel menghasilkan curah hujan sebesar 162,10 mm, sedangkan Metode Log Pearson Tipe III memberikan nilai yang sedikit lebih kecil, yaitu 153,90 mm. Perbedaan ini relatif kecil dan mencerminkan karakteristik kedua metode dalam menangkap data ekstrem. Pada periode ulang 10 tahun, curah hujan yang dihitung menggunakan Metode Gumbel mencapai 199,91 mm, yang sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil Metode Log Pearson sebesar 188,06 mm.

3.1.4. Uji Kecocokan

Hasil uji kecocokan Uji Distribusi Gumbel dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

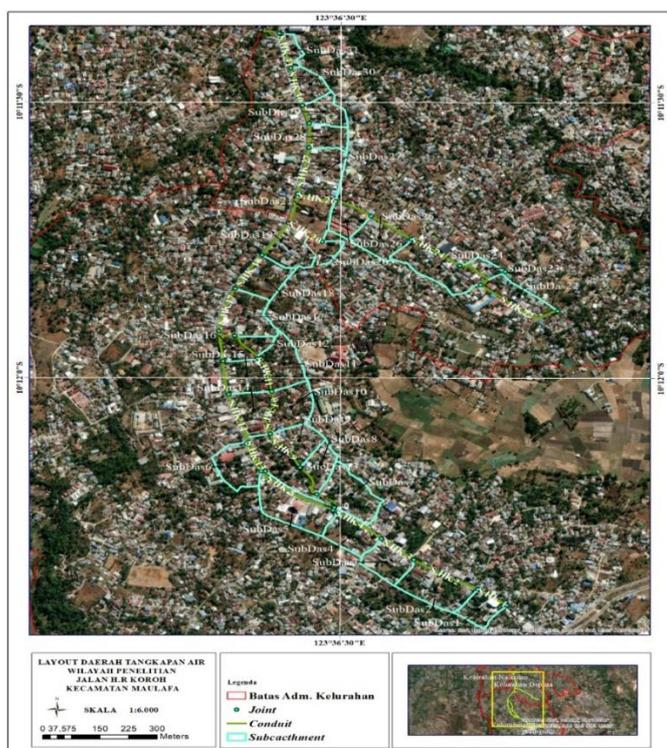
Tabel 3. Curah Hujan Maksimum

No	Parameter	Chi - Kuadrat	Smirnov-Kolmogorov
1	n	18	18
2	Sx	0,2154	0,2154
3	Cs	0,2249	0,2249
4	α (%)	5%	5%
5	Δcr Tabel		0,085
6	Δcr Hitung		0,309
7	X ² tabel	5,991	
8	X ² hitung	3,333	

Hasil kedua uji kecocokan menunjukkan bahwa distribusi probabilitas yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dalam merepresentasikan pola curah hujan maksimum tahunan. Hal ini menjadi faktor penting untuk memastikan bahwa hasil perhitungan curah hujan rencana yang diperoleh dari distribusi tersebut dapat digunakan untuk perhitungan intensitas hujan.

3.2. Perhitungan Intensitas Curah Hujan dan Analisa Debit Curah Hujan

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan pembagian *subcatchment* dan ruas saluran pada wilayah Jl. H. R. Koroh.



Gambar 2. Pembagian *Subcatchment* dan Ruas Saluran pada Wilayah Jl. H. R. Koroh

Perhitungan analisis intensitas curah hujan berdasarkan pada pembagian sub-daerah tangkapan air di samping jalan. Curah hujan yang telah dianalisis menggunakan metode Gumbel Tipe I dengan

kala 10 tahun. Penentuan kala ulang ini mempertimbangkan tipologi Kota Kupang yang termasuk dalam kategori kota sedang dengan luas daerah tangkapan air (DTA) sebesar 38,05 Ha.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Intensitas Curah Hujan dan Perhitungan Debit Air Hujan (Q_R) Kala Ulang 10 Tahun

No	Nama Zonasi	t_c (Jam)	R24 (mm/Jam)	I (mm/Jam)	C	A (Ha)	Q (m^3/dtk)
1	SubDas1	0,0450	199,9066	548,1719	0,4630	0,9685	0,6829
2	SubDas2	0,0810	199,9066	370,1084	0,4893	2,9339	1,4760
3	SubDas3	0,1015	199,9066	318,4033	0,6652	4,2115	2,4779
4	SubDas4	0,1280	199,9066	272,8380	0,4991	5,5333	2,0931
5	SubDas5	0,1740	199,9066	222,3786	0,6157	7,8001	2,9669
6	SubDas6	0,1926	199,9066	207,8319	0,6673	9,1566	3,5278
7	SubDas7	0,0444	199,9066	552,3540	0,4687	1,7649	1,2691
8	SubDas8	0,0642	199,9066	432,0812	0,5555	2,6437	1,7627
9	SubDas9	0,0907	199,9066	343,2216	0,5935	3,7339	2,1130
10	SubDas10	0,1190	199,9066	286,4838	0,5307	5,2304	2,2089
11	SubDas11	0,1425	199,9066	254,0670	0,3666	6,6699	1,7256
12	SubDas12	0,1687	199,9066	226,9863	0,3420	7,0740	1,5255
13	SubDas13	0,0571	199,9066	467,3204	0,5408	1,8689	1,3121
14	SubDas14	0,2205	199,9066	189,8812	0,6795	12,3775	4,4364
15	SubDas15	0,2413	199,9066	178,8098	0,4489	13,6637	3,0467
16	SubDas16	0,2602	199,9066	170,0494	0,5533	14,3099	3,7405
17	SubDas17	0,2877	199,9066	159,0190	0,6402	23,1778	6,5554
18	SubDas18	0,3122	199,9066	150,5918	0,4820	24,4945	4,9391
19	SubDas19	0,3359	199,9066	143,4106	0,6423	25,8412	6,6120
20	SubDas20	0,0470	199,9066	532,3377	0,5235	0,5282	0,4089
21	SubDas21	0,3546	199,9066	138,3240	0,4425	27,6166	4,6962
22	SubDas22	0,0706	199,9066	405,8695	0,7464	1,1144	0,9378
23	SubDas23	0,0947	199,9066	333,5310	0,7643	1,4791	1,0474
24	SubDas24	0,1235	199,9066	279,5051	0,4925	3,4520	1,3200
25	SubDas25	0,1455	199,9066	250,5596	0,5686	4,7168	1,8670
26	SubDas26	0,1910	199,9066	208,9728	0,7603	5,5858	2,4655
27	SubDas27	0,3839	199,9066	131,2035	0,7839	35,0009	10,0004
28	SubDas28	0,3990	199,9066	127,8711	0,6474	35,8250	8,2383
29	SubDas29	0,4107	199,9066	125,4409	0,7500	36,7265	9,5984
30	SubDas30	0,4344	199,9066	120,8285	0,8027	37,5988	10,1308
31	SubDas31	0,4664	199,9066	115,2400	0,7549	38,0531	9,1963

Tabel 4 menunjukkan nilai intensitas curah hujan memiliki variasi antara daerah pengaliran yang disebabkan oleh perbedaan durasi hujan (T_c) yang terjadi. Beberapa daerah pengaliran menunjukkan nilai yang sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa saluran-saluran di daerah pengaliran tersebut ketika terjadi curah hujan yang intens dalam durasi yang relatif singkat memiliki potensi luapan banjir yang menyebabkan genangan air jika tidak diimbangi dengan kapasitas drainase yang memadai. Perhitungan Debit rencana membutuhkan data-data seperti koefisien pengaliran (C), Intensitas Hujan (I), dan luas daerah tangkapan air yang juga ditunjukkan pada Tabel 4. Terlihat bahwa bukan hanya intensitas hujan debit puncak yang memberi pengaruh, tetapi juga oleh faktor lainnya seperti luas area aliran dan koefisien aliran. Saluran dengan luas daerah lebih luas dan intensitas hujan lebih tinggi cenderung menghasilkan debit puncak yang lebih besar. Distribusi

curah hujan rencana yang digunakan dalam input pemodelan EPA SWMM 5.2 sebagai *Rain Gage* digunakan metode *Alternating Block Method*.

3.3. Analisa Hidrolika Sebagai Input Parameter EPA SWMM

3.3.1. Subcatchment

Subcatchment ditentukan setelah menentukan bagian-bagian sungai sekitar. Dalam menentukan *subcatchment* perlu diperhatikan kontur tanah dan tidak boleh saling menumpuk dengan *subcatchment* lainnya. DTA Jalan H. R. Koroh dibagi menjadi 31 *subcatchment*. Parameter *subcatchment* dalam pemodelan yaitu *area*, *width*, *slope (%)*, *% impervious*, *N-pervious*, *N-impervious*, *d store-impervious*, *d store-pervious*, *% zero-impervious*, *infiltration* dan *outlet* sebagai berikut:

a. Area

Area adalah nilai luas dari setiap *subcatchment*. Luasan ini dianalisa menggunakan *calculate geometry* pada *software* ArcGIS 10.8. Untuk Total luas DTA yang dimiliki adalah 36,47 Ha, kemudian setiap *subcatchment* dapat dilihat pada Tabel 4.19. *Subcatchment* terluas dimiliki oleh SubDas5 sebesar 2,267 Ha dan *subcatchment* terkecil pada SubDas23 0,365 Ha.

b. Width

Nilai sepanjang saluran diambil untuk menentukan lebar atau *width* dengan cara nilai luas *subcatchment* dibagi dengan panjang saluran yang dimiliki oleh jalan dengan nilai sesuai standar SNI 08-3442-1994 ialah maksimum 100 meter.

c. % Impervious

Nilai *% impervious* ditentukan dengan cara melakukan digitasi tutupan lahan pada aplikasi ArcGIS 10.8. Langkah awal ialah membuat pemetaan tata guna lahan dari setiap *subcatchment*. Kemudian menentukan luas dari masing-masing bagian yang telah dibagi dengan *calculate geometry*. Menentukan nilai *impervious* juga dapat dilakukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Deskripsi warna pada layout ialah merah untuk area aspal, kuning untuk area beton, ungu untuk area atap, biru untuk area rumput dan hijau untuk wilayah hutan.

d. n-Impervious

Menentukan nilai *n-impervious* dengan cara pemilihan data dari hasil pemetaan tata guna lahan pada setiap *subcatchment*, tujuan pemilihan data ini ialah membedakan area yang termasuk *impervious* dan *pervious*. Dalam pemetaan tata guna lahan dalam yang termasuk area *impervious* adalah aspal, beton dan atap seng. Untuk menghitung *n-impervious* diperlukan luas setiap jenis tata guna lahan kemudian dikalikan dengan koefisien (n) manning, untuk area yang tidak termasuk *impervious* dianggap memiliki nilai manning 0 (nol).

e. n-pervious

Dalam pemetaan tata guna lahan yang termasuk area *pervious* adalah rumput dan hutan. Untuk menghitung *n-pervious* diperlukan luas setiap jenis tata guna lahan kemudian dikalikan dengan koefisien (n) manning dan untuk area yang tidak termasuk *pervious* dianggap memiliki nilai manning 0 (nol).

f. Zero-Impervious (%)

Zero-impervious adalah nilai parameter *subcatchment* yang sangat kedap air. Menentukan nilai *Zero-impervious* memiliki tahapan hampir serupa dengan *n-impervious* dan *n-pervious* yaitu pemilihan area tata guna lahan. Setelah menentukan area terpilih maka dilakukan penentuan nilai dari *Zero-impervious*. Penentuan tata guna lahan yang termasuk area sangat kedap air atau *Zero-impervious* ialah aspal, beton dan atap seng.

g. Outlet

Outlet adalah titik kumpul aliran yang dialirkan oleh *subcatchment* sebelum nantinya dialirkan oleh saluran (*conduit*). Dalam menentukan *outlet subcatchment* perlu memperhatikan arah aliran air pada kontur, *conduit* dari sungai dan survei secara langsung. Penentuan *outlet subcatchment* langsung menuju ke *junction*.

h. *Depression Storage*

Penyimpanan depresi berhubungan dengan volume yang harus diisi sebelum terjadinya limpasan. Berdasarkan Tabel *Depression Storage* dalam sumber *SWMM User's manual version 5.2* nilai area permukaan kedap air (*Dstore-Impervious*) diambil 0,05 inci = 1,27 mm untuk beton, aspal dan atap. Kemudian untuk permukaan tidak kedap air (*Dstore-Pervious*) 0,1 inci = 2,54 mm untuk kawasan rumput dan hutan. Nilai tersebut diterapkan pada seluruh bagian *subcatchment*.

i. *Infiltration*

Metode *Curve Number* digunakan untuk menentukan nilai infiltrasi. Nilai CN menyatakan karakteristik fisik daerah tangkapan air sebagai pengaruh dari tanah, kondisi hidrologi dan penggunaan lahan. Maka dalam perhitungan CN dilakukan kombinasi data penggunaan lahan dan dengan data *Hydrologic Soil Grup* (HSG).

3.3.2. Node

a. *Junction*

Junction adalah perjumpaan yang saling menghubungkan dua atau lebih saluran ke suatu titik. Secara langsung, *junction* mewakili pertemuan saluran permukaan alami, lubang got (*manhole*) dalam sistem saluran pembuangan, atau alat kelengkapan sambungan pipa. Aliran air dari *subcatchment* diasumsikan masuk ke dalam saluran melalui *junction*. *Junction* memiliki dua parameter yang harus diperhatikan dalam pemodelan SWMM yaitu kedalaman maksimum (*max depth*) dan elevasi dasar saluran (*invert elevation*).

b. *Divider*

Divider adalah *node* atau titik pada sistem drainase yang mengalihkan aliran masuk ke saluran tertentu dengan cara yang ditentukan. Pembagi aliran dapat hanya dapat memiliki dua *link* saluran di sisi pembuangannya. Pada lokasi penelitian terdapat satu *divider* dari saluran S.HK.4 menuju saluran S.HK.4.1 dan S.HK.5 menjadi saluran yang dialihkan (*diverted link*). *Divider* diidentifikasi sebagai Div1 pada pemodelan dengan elevasi 192,326 mdpl.

c. *Outfall*

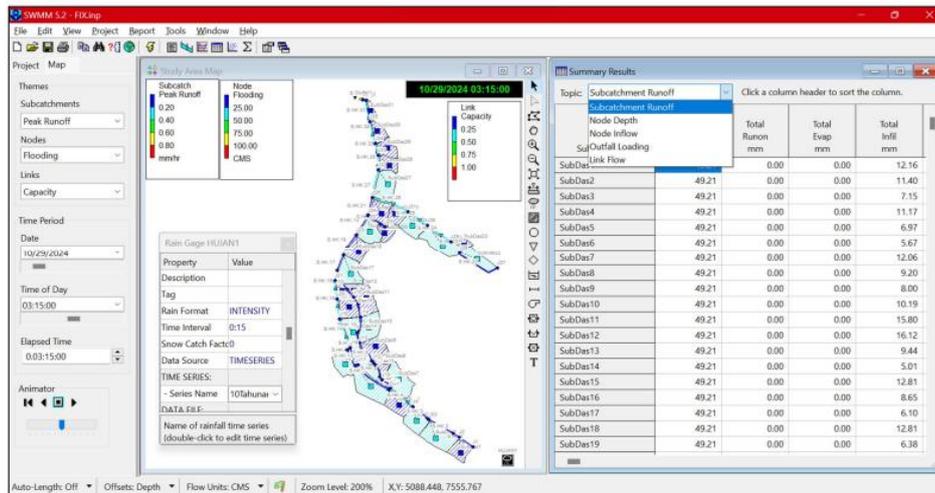
Outfall adalah titik akhir atau hilir dari sistem drainase yang diamati dalam suatu pemodelan. Parameter yang dibutuhkan dalam *oufffall* adalah elevasi atau tinggi permukaan tanah dalam saluran. *Outfall* seluruh *subcactment* bera da pada ketinggian 128,786 mdpl

3.3.3. Conduit

Parameter *inlet node* dan *outlet node* dianalisa dengan mengamati pola aliran secara langsung pada survei di lapangan. *Inlet node* adalah titik awal masuknya aliran air dari suatu conduit dan *outlet node* adalah titik akhirnya atau titik keluaran aliran air dari suatu conduit. Parameter *shape* ialah jenis penampang dari setiap conduit yang ada. *Shape* pada conduit dimodelkan berdasarkan potongan melintang saluran. *Shape* yang digunakan dalam pemodelan yaitu *trapezoidal* untuk saluran berbentuk trapesium, *rectangular* untuk saluran berbentuk persegi dan *modified baskethandle* untuk bentuk gorong-gorong yang dimiliki ruas jalan H.R Koroh. Parameter *max depth* (kedalaman maksimal) dan *bottom width* (lebar bawah), parameter *roughness*, *left slope* dan *right slope* ditentukan dengan survei dan pengukuran langsung di lapangan untuk saluran tersebut.

3.4. Simulasi Menggunakan Software EPA SWMM 5.2

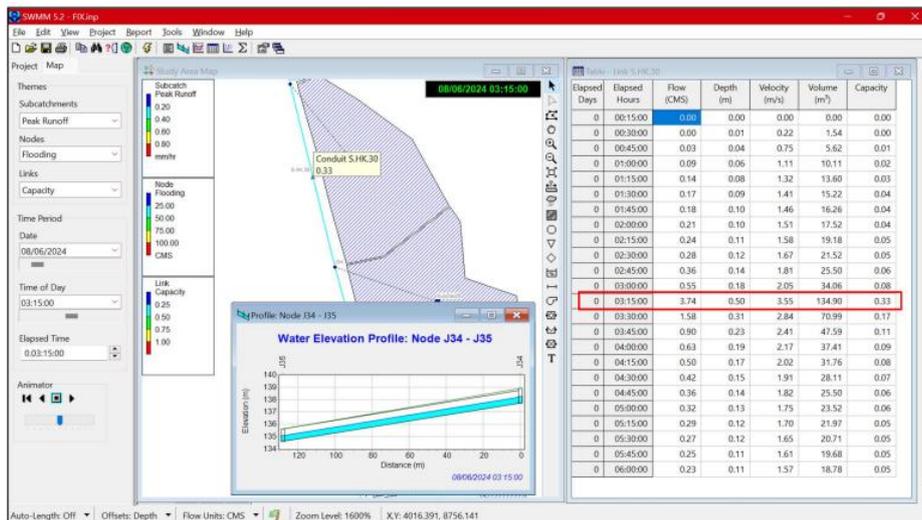
Pemodelan *subcatchment* pada pemodelan menggunakan program software EPA SWMM 5.2 langkah awal ialah melakukan *backdrop map*. Kemudian melakukan input data-data yang telah dipersiapkan sebelumnya. Setelah semua data dilakukan input selanjutnya yang dilakukan ialah melakukan *running* simulasi atau pemodelan dengan melakukan *run-simulation*. Setelah proses simulasi, dari program menunjukkan hasil simulasi atau *run status report* yang menampilkan *Continuity Error*. Nilai limpasan dan penelusuran aliran yang dihasilkan dari harus memiliki *Continuity Error* <5%, maka simulasi tersebut dianggap cukup baik dan dinilai berhasil. (Rossman, 2015)



Gambar 3. Hasil Simulasi Menggunakan Software EPA SWMM 5.2 Kala Ulang 10 Tahun

3.5. Kalibrasi

Parameter-parameter dalam pemodelan EPA SWMM di uji dengan kalibrasi. Kalibrasi memiliki fungsi untuk menguji pemodelan sesuai dengan kondisi dilapangan atau tidak. Pengujian dilakukan setelah pemodelan daerah tangkapan air ruas jalan H. R. Koroh dalam EPA SWMM selesai. Kalibrasi dilakukan dengan mencocokkan tinggi muka air dilapangan dalam saluran dengan tinggi muka air hasil simulasi dalam saluran. *Conduit* S.HK.30 diambil sebagai saluran yang digunakan dalam proses evaluasi. *Conduit* S.HK.30 menghubungkan *junction* J35 dan J36. Pada tanggal 26 April 2023 pukul 10.40 WITA setelah hujan kedalaman saluran yaitu 32 cm atau 0,32 m. Saluran *conduit* S.HK.30 berdasarkan hasil *running* simulasi seperti dengan kedalaman saluran saat jam puncak 03.15.00 adalah 0.33 m. Nilai *error* sebesar 3,03% menunjukkan verifikasi kebenaran hasil simulasi dengan kondisi sebenarnya dilapangan masih dalam range kurang dari 5% sehingga masih dapat diterima kesesuaian parameter-parameter EPA SWMM dengan kondisi yang ada dilapangan.



Gambar 4. Capture Study Area Map, Table-Link S.HK.32 dan Profile Node J34-J35

Kesimpulan

Nilai Debit banjir daerah tangkapan air pada ruas jalan H.R Koroh Kecamatan Maulafa Kota Kupang berdasarkan metode rasional pada kala ulang 5 tahun pada SubDas31 sebesar 7,46 m³/dtk dan 10 tahun SubDas31 sebesar 9,20 m³/dtk dan berdasarkan hasil running EPA SWMM total *volume external outflow* kala ulang 5 tahun 10,731 10⁶ liter dan total *volume external outflow* kala ulang 10 tahun 13,738 10⁶ liter. Dimensi eksisting penampang saluran drainase yang dimiliki ruas Jalan H.R

Koroh Kecamatan Maulafa Kota Kupang bervariasi bentuk dan ukuran. Dimensi maksimum bentuk *trapezoidal* adalah kedalaman 1,42 meter, lebar atas 1,92 meter dan lebar bawah 1,56 meter, *trapezoidal* dengan penutup dengan kedalaman 1,30 meter, lebar atas 1,70 meter dan lebar bawah 1,58 meter, *U-ditch* atau *rectangle* ukuran 100 x 100 cm dan gorong-gorong berbentuk *modified basket-handle* dengan kedalaman 1,50 meter, lebar 1,43 meter dan radius lingkaran 7,1 meter. Saluran drainase pada ruas jalan H.R Koroh Kecamatan Maulafa Kota Kupang secara keseluruhan berdasarkan simulasi pada pemodelan aplikasi EPA SWMM *status report* menunjukkan bahwa terdapat beban aliran (*surchage*) pada node J37 ke Outfall yang rawan mengalami *flooding*/banjir yaitu conduit S.HK.32 pada kala ulang 10 tahun. Sehingga saluran drainase pada Ruas Jalan H.R. Koroh Kecamatan Maulafa Kota Kupang sebenarnya masih mampu menampung debit banjir rencana pada kala ulang 5 tahun dan 10 tahun. Namun penyebab masih terdapatnya limpasan aliran air pada permukaan diakibatkan oleh *street inlet* saluran yang tidak memiliki filter memudahkan sampah ikut terbawa aliran air masuk ke dalam saluran, kesadaran masyarakat yang masih rendah untuk tidak membuang sampah sembarangan dan sulitnya akses untuk membersihkan saluran dengan penutup sehingga menyulitkan pemeliharaan saluran yang menyebabkan tetap terjadinya luapan air banjir dari saluran.

Daftar Pustaka

- Al Amin, M. Baitullah. 2020. *Pemodelan Sistem Drainase Perkotaan Menggunakan SWMM*. Yogyakarta: Penerbit Deepublish.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2014. *Tata Cara Perencanaan Sistem Drainase Perkotaan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Dewan Standarisasi Nasional. 1994. *Tata Cara Perencanaan Drainase Permukaan Jalan (SNI 03-3424-1994)*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Kalu, Berto. 2022. Hujan Lebat Sejak Pagi, Ruas Jalan Timor Raya, dan HR Koroh Kota Kupang Banjir. Pos Kupang. <https://kupang.tribunnews.com/2022/02/10/hujan-lebat-sejak-pagi-ruas-jalan-timor-roya-dan-h-r-koroh-kotakupang-banjir>. (accessed Februari 11, 2022).
- Kamiana, I Made. 2011. *Teknik Perhitungan Debit Rencana Bangunan Air*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Kodoatie, dkk. 2008. *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Ophiyandri, T., Istijono, B., Milania, and Hidayat, B. 2020. "Identification of Drainage Systems Capacity Using EPA-SWMM 5.1 Version Modeling in Gunung Pangilun of Padang City." *GEOMATE Journal* 18(70): 16–22.
- Rossman, Lewis. A. 2015. *Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2*. Cincinnati, OH: United States Environmental Protection Agency.
- Suripin. 2004. *Sistem Saluran Drainase Perkotaan Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tamimi, Rusydina. 2015. "Kajian Evaluasi Sistem Drainase Jalan Srikoyo Kecamatan Patrang Kabupaten Jember." Jurusan Teknik Sipil, Universitas Jember